

ZMIANY KONCENTRACJI TRIGLICERYDÓW, CHOLESTEROLU CAŁKOWITEGO ORAZ CHOLESTEROLU HDL I LDL W OSOCZU KRWI CIELĄT RASY LIMOUSINE W PIERWSZYCH DZIESIĘCIU DNIACH ŻYCIA POSTNATALNEGO

Dorota Jankowiak, Aleksandra Kochel, Radosław Drozd,
Joanna Kowalska, Zbigniew Muszczyński

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Streszczenie. U 13 cieląt (7 jałówek i 6 buhajków) rasy limousine analizowano w pierwszych dziesięciu dniach życia postnatalnego zmiany stężenia w osoczu krwi triglicerydów, cholesterolu całkowitego oraz cholesterolu HDL i LDL. Cielęta przez cały okres badań utrzymywane były przy matkach. Wykazano, że koncentracja triglicerydów w osoczu krwi cieląt korzystających bez ograniczeń ze swobodnego dostępu do siary, a potem mleka matek jest w pierwszych dniach życia postnatalnego nieco wyższa niż u bydła dorosłego i nie wykazuje zróżnicowania w zależności od płci noworodka. Największy wzrost stężenia triglicerydów w osoczu krwi obserwowano w pierwszych trzech dniach życia. Wahania osobnicze w koncentracji triglicerydów u cieląt obu płci były dość znaczne i wynikały najprawdopodobniej ze zróżnicowanych u poszczególnych osobników pór pobierania pokarmu. Wraz z wiekiem cieląt systematycznie wzrastała koncentracja zarówno cholesterolu całkowitego, jak i obu jego frakcji HDL i LDL. Wzrost stężenia cholesterolu HDL w porównaniu z LDL był jednak proporcjonalnie większy. Wraz z wiekiem cieląt stopniowo zmienił się procentowy udział lipoprotein HDL i LDL w transporcie całości cholesterolu znajdującego się w osoczu krwi. Już od 4.–5. dnia życia postnatalnego ponad 50% cholesterolu całkowitego transportowane było przez lipoproteiny HDL.

Słowa kluczowe: cielęta, cholesterol całkowity, cholesterol HDL i LDL, okres postnatalny, osocze, triglicerydy

WSTĘP

Narodziny i związana z tym drastyczna zamiana środowiska wewnątrzmacicznego na jakże odmienne od dotychczasowego i często agresywne środowisko pozamaciczne wymagają od organizmu noworodka całego szeregu anatomicznych, funkcjonalnych i homeosta-

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr hab. Dorota Jankowiak, prof. nadzw., Katedra Immunologii, Mikrobiologii i Chemii Fizjologicznej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Doktora Judyma 24, 71-450 Szczecin, e-mail: dorota.jankowiak@zut.edu.pl

tycznych zmian przystosowawczych. Jedną z najistotniejszych jest adaptacja do samodzielnego odżywiania i zmiany w zakresie metabolizmu, w tym m.in. zastąpienie głównego źródła energii, którym w życiu płodowym były węglowodany, na kwasy tłuszczowe, w które bogata jest siara. Istotne znaczenie dla oceny stanu zdrowia cieląt ma więc znajomość wybranych wskaźników gospodarki lipidowej, na które składają się m.in. frakcje lipidów osocza krwi.

Bydło posiada charakterystyczny profil lipoprotein osocza. Charakteryzuje się on niską osoczną koncentracją lipoprotein o bardzo małej gęstości – VLDL i lipoprotein o małej gęstości – LDL, wysokim natomiast stężeniem lipoprotein o wysokiej gęstości – HDL [Bauchart 1993, Lepaix-Charlat i in. 1996]. U zwierząt gospodarskich, a szczególnie u przeżuwaczy, skład chemiczny i wielkość sekrecji lipoprotein są jednymi z najważniejszych czynników, które kontrolują wykorzystanie lipidów przez tkanki, a poprzez to ilościowe i jakościowe cechy mięsa i wydajności mlecznej [Bauchart 1993].

Zawartość tłuszczu w paszy dla przeżuwaczy jest niska – ok. 2–3 %, dominują w niej zestyfikowane nienasycone kwasy tłuszczowe. Dopływ treści pokarmowej do jelita cienkiego jest ciągły (u zwierząt monogastrycznych jest okresowy), dominują w niej nasycone kwasy tłuszczowe [Chilliard 1993]. Warunki takie sprzyjają formowaniu w enterocytach przeważającej ilości VLDL (ok. 73%) w stosunku do chylomikronów (ok. 23%) [Bauchart 1993, Chilliard 1993, Bell 1995].

Podstawową cechą różniącą metabolizm lipidów u przeżuwaczy od zachodzącego u większości zwierząt monogastrycznych jest mocno ograniczona możliwość biosyntezy i sekrecji przez wątrobę VLDL. Wydzielanie tej frakcji lipoprotein jest najsłabszym ogniwem przemian lipidowych u bydła [Grummer 1993, Bremmer i in. 2000, Jankowiak i in. 2006, Brucka-Jastrzębska i in. 2007]. Napływające do wątroby przeżuwaczy wolne kwasy tłuszczowe (WKT) są, podobnie jak u zwierząt monogastrycznych, estyfikowane do triacylogliceroli (TG). W przeciwieństwie jednak do zwierząt monogastrycznych, TG nie ulegają w hepatocytach przeżuwaczy hydrolizie. Brak hydrolizy TG i ograniczone możliwości biosyntezy VLDL przez wątrobę predysponują tę grupę zwierząt do nadmiernej kumulacji triacylogliceroli, mogącej prowadzić do tzw. stłuszczenia wątroby. Schorzenie to często występuje u wysoko wydajnych krów mlecznych w okresie okołoporodowym, w warunkach postępującego deficytu energetycznego i intensywnej lipolizy tkanki tłuszczowej [Grummer 1993, Bremmer i in. 2000].

Cechą charakterystyczną lipoprotein osocza krwi przeżuwaczy jest przewaga HDL nad LDL. U przeżuwaczy głównymi lipoproteinami osocza są lipoproteiny o dużej gęstości, mogą one stanowić więcej niż 80% całości osoczowych lipoprotein. LDL stanowią mniej niż 10% [Bauchart 1993, Pysera i Opałka 2000]. U większości zwierząt monogastrycznych to LDL są głównym transporterem zestyfikowanego cholesterolu, u przeżuwaczy rolę tę pełni HDL.

Lipidy docierają do łożyska w formie triglicerydów i fosfolipidów niesionych głównie przez chylomikrony i VLDL oraz w formie WKT transportowanych w połączeniu z albuminami osocza. Triglicerydy nie przechodzą przez łożysko do płodu. Transportowane są natomiast WKT, uwolnione przez lipazę lipoproteinową. Triglicerydy znajdujące się w tkankach płodu i noworodka są więc pochodzenia endogennego [Haggarty 2004]. Po narodzinach koncentracja triglicerydów w osoczu zwiększa się progresywnie. Jest to prawdopodobnie związane ze wzrastającym jelitowym wychwytem kwasów tłuszczowych pochodzących z siary i mleka oraz zwiększoną endogenną syntezą triacylogliceroli [Tami i in. 2008].

Matczyny cholesterol jest ważnym źródłem tej cząsteczki dla płodu tylko w początkowym okresie ciąży. W końcowych tygodniach rozwoju wewnątrzmacicznego źródło to nabiera minimalnego znaczenia. Koncentracja cholesterolu całkowitego w osoczu krwi noworodków ludzkich jest niska i systematycznie wzrasta podczas pierwszych tygodni życia postnatalnego [Fujita i in. 2008]. W okresie tym obserwuje się stopniowy wzrost koncentracji cholesterolu do ok. 3,1 mmol x dm⁻³, a w ciągu pierwszego roku życia do ok. 3,9–4,7 mmol x dm⁻³ [Hawkins i in. 1995]. Jak podają Leplaix-Charlat i in. [1996], wzrost koncentracji cholesterolu całkowitego w pierwszych tygodniach życia postnatalnego ma związek z obecnością w tłuszczu mleka (zwłaszcza przeżuwaczy) dużej ilości nasyconych kwasów tłuszczowych. W osoczu krwi nowo narodzonych cieląt, podobnie jak u naczelnym, obserwuje się niską, w porównaniu z osobnikami dorosłymi, koncentrację cholesterolu, tj. ok. 0,53; 0,86 i 0,82 mmol x dm⁻³ odpowiednio w pierwszym, drugim i trzecim dniu [Retskii i in. 2007]. Stężenie to znacznie wzrasta w wyniku karmienia siarą, a później matczynym mlekiem. Po odsadzeniu cieląt od matek, stężenie cholesterolu w osoczu krwi stopniowo zmniejsza się [Bastida i in. 1998]. Zastąpienie mleka paszami mlekozastępczymi zawierającymi roślinne nienasycone kwasy tłuszczowe nie powoduje wzrostu koncentracji cholesterolu [Hawkins i in. 1995, Leplaix-Charlat i in. 1995 i 1996, Tami i in. 2008].

Powyższe dane wskazują jednoznacznie, że w pierwszych dniach po narodzinach w osoczu krwi cieląt następują dynamiczne zmiany w składzie jakościowym i ilościowym lipoprotein, a tym samym w wartościach wskaźników gospodarki lipidowej. Wartości referencyjne tych wskaźników dla cieląt nie zostały do tej pory określone. Podjęto więc badania, których celem było prześledzenie i analiza zmian koncentracji w osoczu krwi triglicerydów, cholesterolu całkowitego oraz cholesterolu HDL i LDL u cieląt rasy limousine w pierwszych dziesięciu dniach życia postnatalnego oraz porównanie tych zmian w poszczególnych dniach życia między jałówkami a buhajkami.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na trzynastu klinicznie zdrowych cielętach (7 jałówek i 6 buhajków) rasy limousine w pierwszych dziesięciu dniach życia. Cielęta wraz z matkami utrzymywane były w oborze wolnostanowiskowej na głębokiej ściółce. Krowy przez całą dobę miały swobodny dostęp do paszy i wody (poidła automatyczne). Po narodzinach, cielęta pozostawały przy matkach przez 3 tygodnie.

Krew do analiz pobierano z żyły szyjnej zewnętrznej codziennie między godziną 9.00 a 10.30. Pobraną na heparynę krew odwirowywano, a uzyskane w ten sposób osocze zamrażano i przechowywano w temperaturze –20°C do czasu wykonania analiz laboratoryjnych.

W osoczu krwi cieląt metodą kolorymetryczną (testy laboratoryjne „Biolabo–Aqua-Med” i „BioMaxima–Aqua-Med”) oznaczono: stężenie triglicerydów, cholesterolu całkowitego i cholesterolu HDL (mmol x dm⁻³). Koncentrację cholesterolu LDL (mmol x dm⁻³) wyliczono korzystając ze wzoru Friedewalda [Badzio i in. 1996]:

$$\text{cholesterol LDL} = \text{cholesterol całkowity} - \text{cholesterol HDL} - \frac{TG}{2,2}$$

Otrzymane wyniki szczegółowe pogrupowano w zależności od płci oraz dnia życia cieląt. Dla poszczególnych grup wyliczono wartości średnie i odchylenia standardowe. Do oceny istotności różnic w obrębie grup jałówek i buhajków w poszczególnych dniach życia zastosowano analizę wariancji jednoczynnikowej z powtarzalnymi danymi oraz test rozstępu D-Duncana. Oceny istotności różnic w wartościach badanych wskaźników między jałówkami i buhajkami dokonano za pomocą analizy wariancji jednoczynnikowej i testu Tukeya. Obliczenia wykonano w programie Statistica®9.0.

WYNIKI I Dyskusja

Uzyskane w badaniach wartości średnie koncentracji w osoczu krwi cieląt triglicerydów, cholesterolu całkowitego oraz jego frakcji HDL i LDL wraz z odchyleniem standardowym oraz istotnością różnic przedstawiono w tab. 1.

Koncentracja triglicerydów w osoczu krwi jałówek podczas pierwszych czterech dni życia zwiększyła się z 0,415 do 0,628 mmol x dm⁻³, różnica ta nie okazała się jednak statystycznie istotna. W kolejnych dwóch dniach obserwowano zmniejszenie stężenia TG do 0,469 mmol x dm⁻³, co również nie uzyskało potwierdzenia statystycznego. Od szóstego dnia do końca okresu badawczego wartość tego wskaźnika wzrosła z 0,469 do 0,666 mmol x dm⁻³. Ta ostatnia wartość była istotnie większa ($P \leq 0,05$) od stwierdzonej w dniu pierwszym.

U buhajków istotne zwiększenie stężenia triglicerydów nastąpiło już w okresie pierwszych trzech dni życia – 0,254–0,611 mmol x dm⁻³ ($P \leq 0,05$). Od trzeciego do dziewiątego dnia życia, wartości tego wskaźnika nie zmieniały się istotnie – 0,463–0,684 mmol x dm⁻³. W dziesiątym dniu życia zanotowano znaczne zmniejszenie koncentracji TG do 0,223 mmol x dm⁻³ – wartość ta była istotnie mniejsza również od wykazanych od dnia trzeciego do siódmego. Znaczne różnice w wartościach średnich koncentracji triglicerydów w osoczu krwi między jałówkami i buhajkami nie okazały się statystycznie istotne.

W całym okresie badawczym koncentracja cholesterolu całkowitego w osoczu krwi jałówek wykazywała wyraźną tendencję wzrostową. Tendencja ta w ciągu pierwszych trzech dni życia nie została statystycznie potwierdzona (0,862–1,306 mmol x dm⁻³). W czwartym dniu, koncentracja cholesterolu całkowitego (1,592 mmol x dm⁻³) była istotnie wyższa ($P \leq 0,05$) od obserwowanej w pierwszym dniu. Od czwartego do dziesiątego dnia życia stężenie cholesterolu dalej systematycznie zwiększało się, stąd wartości stwierdzone w dniu dziewiątym i dziesiątym (2,420 i 2,578 mmol x dm⁻³) były istotnie większe od wykazanych odpowiednio w dniu czwartym, piątym i szóstym ($P \leq 0,05$).

Podobne zmiany w zawartości cholesterolu całkowitego zanotowano u buhajków. Również u nich w całym okresie badawczym obserwowano systematyczny wzrost stężenia cholesterolu wraz z wiekiem. Istotnie wyższą koncentrację cholesterolu całkowitego w porównaniu z pierwszym dniem życia postnatalnego – 0,690 mmol x dm⁻³ obserwowano już w trzecim dniu – 1,411 mmol x dm⁻³ ($P \leq 0,01$), a najwyższe wartości zanotowano w ostatnich dwóch dniach okresu badawczego, tj. 2,425 i 2,413 mmol x dm⁻³. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic w stężeniu cholesterolu całkowitego między jałówkami i buhajkami.

Tabela 1. Średnie wartości koncentracji triglicerydów, cholesterolu całkowitego oraz cholesterolu HDL i LDL w osoczu krwi jałówek i buhajków

Table 1. The average values of the concentration of triglycerides, total cholesterol, HDL and LDL cholesterol in the blood plasma of heifer calves and bull calves

Dzień życia cieląt Calves day of life	Koncentracja w osoczu krwi, mmol x dm ⁻³ – Concentration in blood plasma, mmol x dm ⁻³									
	triglicerydy triglycerides		cholesterol całkowity total cholesterol		cholesterol HDL		cholesterol HDL		cholesterol LDL	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
1 (A)	\bar{x} 0,415 ^j s 0,351	0,254 ^{s,d,e,f,g,i} 0,060	0,862 ^{d,e,f,g,h,i,j} 0,174	0,690 ^{c,d,e,f,g,h,i,j} 0,128	0,229 ^{a,e,f,g,h,i,j} 0,103	0,253 ^{c,d,e,f,g,h,i,j} 0,184	0,460 ^{l,j} 0,169	0,336 ^{e,f,g,i} 0,233		
2 (B)	\bar{x} 0,448 s 0,272	0,460 0,122	1,228 ^{e,f,g,h,i,j} 0,343	1,057 ^{b,e,f,g,h,i,j} 0,177	0,543 ^{f,g,h,i,j} 0,480	0,460 ^{d,e,f,g,h,i,j} 0,333	0,586 ^{l,j} 0,276	0,496 ^{l,j} 0,371		
3 (C)	\bar{x} 0,527 s 0,370	0,611 ^{u,j} 0,270	1,306 ^{g,h,i,j} 0,368	1,411 ^{a,c,f,g,h,i,j} 0,621	0,551 ^{f,g,h,i,j} 0,247	0,691 ^{a,f,g,h,i,j} 0,404	0,589 ^{l,j} 0,157	0,746 0,740		
4 (D)	\bar{x} 0,628 s 0,378	0,577 ^{u,j} 0,259	1,592 ^{a,i,j} 0,670	1,822 ^{a,b,i,j} 0,497	0,805 ^{a,i,j} 0,512	0,892 ^{a,b,i,j} 0,509	0,615 ^{l,j} 0,316	0,828 ^a 0,645		
5 (E)	\bar{x} 0,587 s 0,448	0,676 ^{u,j} 0,334	1,882 ^{a,b,j} 0,693	1,996 ^{a,b,e} 0,489	0,860 ^{a,i,j} 0,315	1,014 ^{A,B} 0,644	0,848 ^j 0,695	0,881 ^a 0,632		
6 (F)	\bar{x} 0,469 s 0,290	0,543 ^{u,j} 0,226	1,796 ^{u,j} 0,437	2,037 ^{A,B,e} 0,498	0,952 ^{a,b,c,j} 0,461	1,141 ^{A,B,e} 0,834	0,770 ^j 0,535	0,795 ^a 0,726		
7 (G)	\bar{x} 0,507 s 0,304	0,684 ^{u,j} 0,489	2,020 ^{a,b,e} 0,582	2,169 ^{A,B,C} 0,648	1,053 ^{A,B,C} 0,438	1,137 ^{A,B,e} 0,958	0,793 ^j 0,598	0,930 ^A 0,662		
8 (H)	\bar{x} 0,616 s 0,521	0,463 0,091	2,157 ^{A,B,e} 0,730	2,185 ^{A,B,C} 0,655	1,103 ^{A,B,C} 0,365	1,295 ^{A,B,C} 0,958	0,881 0,562	0,789 ^a 0,689		
9 (I)	\bar{x} 0,576 s 0,514	0,569 ^{u,j} 0,444	2,420 ^{A,B,C,d} 1,110	2,425 ^{A,B,C,d} 0,716	1,294 ^{A,B,C,D,e} 0,726	1,332 ^{A,B,C,d} 0,795	1,113 ^{A,B,C,d} 0,948	1,002 ^{A,b} 0,886		
10 (J)	\bar{x} 0,666 ^u s 0,585	0,223 ^{s,d,e,f,g,i} 0,101	2,578 ^{A,B,C,D,e,f} 1,238	2,413 ^{A,B,C,d} 0,782	1,314 ^{A,B,C,D,e,f} 0,685	1,379 ^{A,B,C,d} 0,770	1,268 ^{A,B,C,D,e,f,g} 1,080	1,092 ^{A,B} 1,008		

A, B, C, D, E, F, G, H, I, J – różnice statystycznie istotne ($p \leq 0,01$) w poszczególnych dniach życia w grupach jałówek i buhajków; a, b, c, d, e, f, g, h, i, j – różnice statystycznie istotne ($p \leq 0,05$) w poszczególnych dniach życia w grupach jałówek i buhajków.
 A, B, C, D, E, F, G, H, I, J – statistically significant differences ($p \leq 0,01$) for each day of life of heifer calves and bull calves groups;
 a, b, c, d, e, f, g, h, i, j – statistically significant differences ($p \leq 0,05$) for each day of life of heifers calf and bulls calf groups.
 Nie wykazano różnic w wartościach analizowanych wskaźników między jałówkami i buhajkami. There were no differences in the values of the indicators analyzed between heifer calves and bull calves.

Wyraźną i potwierdzoną statystycznie tendencję wzrostową wykazywała u obu grup cieląt również koncentracja cholesterolu HDL. W okresie badawczym wartość tego wskaźnika zwiększyła się ponad pięciokrotnie; u jałówek z 0,229 do 1,314 mmol x dm⁻³ ($P \leq 0,01$), a u buhajków z 0,253 do 1,379 mmol x dm⁻³ ($P \leq 0,01$). Koncentracja cholesterolu HDL u obu płci w poszczególnych okresach życia była zbliżona, tak więc nie stwierdzono istotnych różnic w wartościach tego wskaźnika między jałówkami a buhajkami.

Wraz z wiekiem cieląt zwiększała się także koncentracja w osoczu krwi cholesterolu LDL. U jałówek wzrost ten w okresie od pierwszego do ósmego dnia – z 0,460 do 0,885 mmol x dm⁻³ – nie został potwierdzony statystycznie, jednak wartości tego wskaźnika wykazane w dniu dziewiątym – 1,113 mmol x dm⁻³ były istotnie większe ($P \leq 0,01$, $P \leq 0,05$) od stwierdzonych od dnia pierwszego do czwartego, a w dniu dziesiątym – 1,268 mmol x dm⁻³ od obserwowanych w dniach od pierwszego do siódmego ($P \leq 0,01$, $P \leq 0,05$).

Podobną tendencję wzrostową w koncentracji cholesterolu LDL wykazano u buhajków. U tej grupy cieląt istotny statystycznie ($P \leq 0,05$) okazał się wzrost stężenia cholesterolu LDL już w pierwszych czterech dniach – z 0,336 do 0,828 mmol x dm⁻³. W kolejnych dniach życia stężenie cholesterolu LDL w buhajków nadal wzrastało, lecz wzrost ten był niewielki i statystycznie nieistotny.

Ogólna koncentracja lipoprotein w osoczu krwi nowo narodzonych cieląt jest pięć razy niższa niż u bydła dorosłego [Forte i in. 1981]. Frakcjami lipoprotein osocza zawierającymi najwięcej triglicerydów są u wszystkich gatunków ssaków VLDL i chylomikrony. Synteza i wydzielanie chylomikronów stymulowane są przez dużą koncentrację tłuszczu w pożywieniu i nienasycone kwasy tłuszczowe. Naturalna dieta przeżuwaczy zawiera tylko ok. 2–3% tłuszczu. Nienasycone kwasy tłuszczowe uwolnione z triacylogliceroli ulegają w żwacu i czepcu nasyceniu pod wpływem działania enzymów bakteryjnych. U przeżuwaczy główną frakcją lipoprotein transportujących lipidy z przewodu pokarmowego nie są chylomikrony lecz VLDL. W warunkach naturalnych ponad 70% lipidów znajdujących się w chłonce wypływającej z przewodu pokarmowego znajduje się we frakcji VLDL, a tylko niecałe 30% we frakcji chylomikronów [Bauchart 1993]. Wątroba przeżuwaczy charakteryzuje się niską zdolnością do syntezy i wydzielania VLDL, stąd zdecydowana większość tych lipoprotein znajdujących się w osoczu jest u dorosłego bydła pochodzenia jelitowego a nie wątrobowego. W surowicy krwi płodów bydłecych nie stwierdza się obecności VLDL [Forte i in. 1981]. Brak VLDL lub ekstremalnie niską ich koncentrację wykazano również w ludzkiej krwi pępowinowej. U cieląt i bydła dorosłego VLDL stanowią tylko 5% całkowitych lipoprotein osocza [Quincey i in. 1987, Bauchart 1993].

U badanych cieląt (za wyjątkiem dziesiątego dnia u buhajków – wynik trudny do zinterpretowania) koncentracja triglicerydów obserwowana od dnia drugiego do dziesiątego przewyższała wartości stwierdzone w pierwszym dniu po narodzinach (rys. 1A). W większości przypadków, stężenia TG zgodne były z wynikami badań Bruckiej-Jastrzębskiej i in. [2007], w których u cieląt rasy simentaler do 56. dnia życia wykazano wahania stężenia triglicerydów w zakresie od 0,312 do 0,572 mmol x l⁻¹. Według Winnickiej [2008], prawidłowe stężenie triglicerydów w osoczu krwi dorosłego bydła wynosi od 0,1 do 0,3 mmol x l⁻¹, a według Beynen i in. [2000] od 0,19 do 0,28 mmol x l⁻¹. Można więc stwierdzić, że stężenie triglicerydów u cieląt żywionych mlekiem matki jest ogólnie więk-

sze niż u zwierząt dorosłych. Największy wzrost koncentracji triglicerydów obserwowano u cieląt (niezależnie od płci) w okresie od pierwszego do czwartego dnia życia. Potwierdziły to wyniki badań innych autorów [Beynen i in. 1983, Blum i in. 1997, Hammon i Blum 1998, Brucka-Jastrzębska i in. 2007, Pekmezci i Cakiroglu 2009]. W pierwszym tygodniu życia postnatalnego stężenie triglicerydów wzrasta u cieląt żywionych siarą i mlekiem matki, natomiast nie obserwuje się tego u zwierząt, którym podawanie siary opóźniono o jeden dzień, jak również u cieląt żywionych paszami mlekozastępczymi [Blum i in. 1997, Hammon i Blum 1998]. Wzrost u cieląt osoczowej koncentracji triglicerydów, fosfolipidów, cholesterolu jest wynikiem dużego „dowozu” tłuszczu zawartego w siarze i mleku. U cieląt, którym w pierwszym dniu życia zamiast siary podawano tylko wodę lub wodę z glukozą, a siarę i mleko rozpoczęto podawać dopiero od drugiego dnia, nie stwierdza się wzrostu koncentracji triglicerydów nawet do siódmego dnia życia. Jelitowa absorpcja lipidów jest złożona i obejmuje fazę luminalną (trawienie), śluzówkową (wychwyt i formowanie lipoprotein) i sekrecyjną („dostawa” kwasów tłuszczowych do krwi i lipoprotein do naczyń limfatycznych) [Thomson i Ditschy 1981]. Jeśli siara nie jest podawana cielętom w pierwszym dniu, zaburzona jest jedna lub kilka z tych faz. Główną przyczyną niedostatecznej absorpcji lipidów u noworodków jest najprawdopodobniej redukcja aktywności lipazy przedłożądkowej [Widdowson 1984]. Opóźnienie podawania siary powoduje również zaburzenia syntezy specyficznych białek w jelicie cienkim, w tym białek wiążących kwasy tłuszczowe i uczestniczących w formowaniu lipoprotein [Reinchart i in. 1992].

Duże wahania osobnicze w stężeniu triglicerydów w osoczu krwi (pobieranej od wszystkich zwierząt o tej samej porze dnia) badanych cieląt wynikały najprawdopodobniej z różnych, indywidualnych pór ssania mleka z wymienia matki. Utrzymywanie cieląt przy krowach umożliwiało im „ssanie na życzenie”, zależnie od indywidualnych potrzeb. Różne pory pobierania mleka powodowały, że u poszczególnych cieląt (o tej samej porze dnia) do enterocytów wchłaniana była ilościowo zróżnicowana pula kwasów tłuszczowych – substratów do syntezy triglicerydów i formowania VLDL i chylomikronów. Cielęta przebywające przy matkach pobierają mleko częściej, ale w mniejszych objętościowo porcjach. Taki sposób utrzymania cieląt jest zalecany zwłaszcza u bydła ras mięsnych. Van den Borne i in. [2007] wykazali, że u cieląt żywionych mlekiem, kwasy tłuszczowe odkładane w triglicerydach tkanki tłuszczowej nie pochodzą z glukozy. Tak więc glukoza powstała z rozkładu laktozy oraz w procesie wątrobowej glukoneogenezy może być odłożona w postaci mięśniowego glikogenu.

U ludzi głównym pośrednikiem w transporcie cholesterolu do tkanek są LDL powstające z VLDL. Jedynym narządem zdolnym do usuwania cholesterolu z organizmu jest wątroba. Dociera on do niej za pośrednictwem HDL (tzw. odwrotny transport cholesterolu) i jest wydalany wraz z żółcią w formie niezmięnionej i/lub jako sole kwasów żółciowych [Bauchart 1993, Chilliard 1993, Badzio i in. 1996]. U ludzi dominującą formą lipoprotein osocza są LDL, u przeżuwaczy jednak stanowią one w porównaniu z HDL drugorzędną klasę lipoprotein (<10%) [Bauchart 1993, Leplaix-Charlat i in. 1996, Tami i in. 2008]. U płodów przeżuwaczy w osoczu krwi przeważa LDL, ale w życiu postnatalnym zdecydowanie HDL – blisko 80% wszystkich lipoprotein [Forte in. 1981, Bauchart 1993].

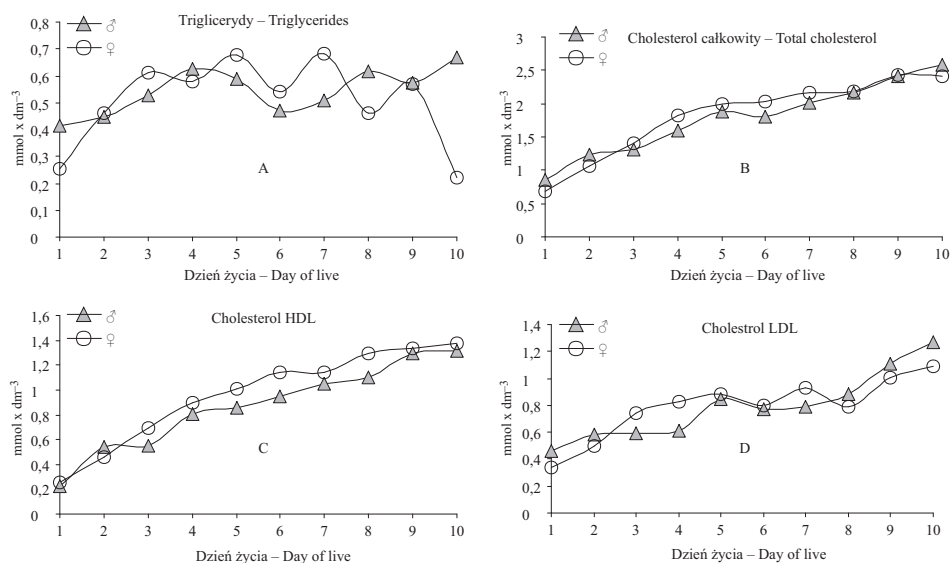
Winnicka [2008] podaje, że stężenie cholesterolu całkowitego w osoczu krwi bydła dorosłego wynosi 1,80–5,20 mmol x dm⁻³, natomiast Beynen i in. [2000] oraz Pysera i Opałka [2000] przytaczają wartości odpowiednio: 1,37–2,62 i 1,81–5,23 mmol x dm⁻³. U badanych cieląt koncentracja cholesterolu całkowitego wykazywała w całym okresie badawczym systematyczną tendencję wzrostową (rys. 1B). W okresie od pierwszego do dziesiątego dnia życia stężenie cholesterolu u jałówek wzrosło z 0,862 do 2,578 mmol x dm⁻³, a u buhajków z 0,690 do 2,414 mmol x dm⁻³. Tylko do piątego dnia życia u jałówek i do czwartego u buhajków stężenia cholesterolu całkowitego było niższe niż w warunkach fizjologicznych u bydła dorosłego. Według Bruckiej-Jastrzębskiej i in. [2007], stężenie cholesterolu całkowitego u cieląt rasy simentaler w wieku 1–56 dni waha się od 1,25 do 1,98 mmol x dm⁻³. Rauprich i in. [2000] wykazali, że stężenie cholesterolu u cieląt karmionych siarą i mlekiem wzrasta w pierwszym tygodniu życia z 0,33 do 2,3 mmol x dm⁻³. Według Orowicz i Brzezińskiej [1996], koncentracja cholesterolu całkowitego w osoczu krwi cieląt zwiększa się do szóstego tygodnia.

Istotne znaczenie w kształtowaniu się koncentracji cholesterolu całkowitego ma wiek i stan fizjologiczny badanego osobnika [Bauchart 1993, Chilliard 1993, Rauprich i in. 2000, Brucka-Jastrzębska i in. 2007]. Znaczny wpływ wywiera również dieta, a przede wszystkim ogólna ilość lipidów i zawartość nasyconych i nienasyconych kwasów tłuszczowych. Koncentracja cholesterolu całkowitego wzrasta systematycznie u cieląt karmionych siarą a później mlekiem. Podawanie już w pierwszych dniach po narodzinach preparatów mlekozastępczych znacznie ogranicza wzrost stężenia cholesterolu, a nawet prowadzi do jego zmniejszania. Wzrostu koncentracji cholesterolu w osoczu krwi nie obserwuje się również u cieląt, którym w pierwszym dniu życia podano zamiast siary samą wodę lub wodę z glukozą [Blum i in. 1997].

Fracjami lipoprotein zawierającymi najwięcej cholesterolu są LDL i HDL. U przeżuwaczy zdecydowana większość obecnego w osoczu krwi cholesterolu zlokalizowana jest w HDL [Bauchart 1993, Chen i in. 1995, Beynen i in. 2000], a odwrotnie jest u ludzi lipoproteiny HDL transportują tylko 20–25% cholesterolu osocza krwi, podczas gdy u owiec i krów nawet 60–80% [Bauchart i in. 1989, Bauchart 1993]. Według Beynen i in. [2000], stężenia cholesterolu LDL i HDL w osoczu krwi krów wynoszą odpowiednio 0,38–0,64 i 0,99–1–98 mmol x dm⁻³. Jak wykazały badania Forte i in. [1981], surowica krwi płodów zawiera jedynie lipoproteiny LDL i HDL, przeważa ta pierwsza. Odmienna morfologia i skład płodowej LDL w porównaniu z noworodkami i osobnikami dorosłymi, jak również brak VLDL wskazuje, że u płodów bydłych cząsteczki LDL są najprawdopodobniej syntetyzowane *de novo*. Po narodzinach, wraz z zapoczątkowaniem pobierania pokarmu, następuje bardzo szybka zamiana głównego transportera cholesterolu w osoczu z LDL na HDL – podobnie jest u szczurów [Chen i in. 1995, Blum i in. 1997, Beynen i in. 2000]. Odwrotnie jest u ludzi. Ludzka krew pępowinowa cechuje się znaczną przewagą HDL, a LDL staje się formą dominującą krótko po narodzinach [Forte i in. 1981, Bauchart i in. 1989].

U badanych cieląt obserwowano wyraźną tendencję wzrostową koncentracji zarówno cholesterolu HDL (rys. 1C), jak i LDL (rys. 1D). U jałówek w badanym okresie koncentracja HDL zwiększyła się z 0,229 do 1,314 mmol x dm⁻³, a u buhajków z 0,253 do 1,379 mmol x dm⁻³, cholesterolu LDL natomiast odpowiednio z 0,460 do 1,268 mmol x dm⁻³

i z 0,336 do 1,092 mmol x dm⁻³. Otrzymane wyniki jednoznacznie potwierdzają wzrastającą wraz z wiekiem cieląt udział HDL w transporcie cholesterolu. I tak, u jałówek w pierwszym dniu życia lipoproteiny HDL transportowały jedynie 26,60% całości cholesterolu, w drugim dniu już 44,23%, a w dziewiątym i dziesiątym – 53,47 i 50,96%. U buhajków było to odpowiednio 36,58%, 43,48% oraz 54,50% i 57,15%.



Rys. 1. Stężenie triglicerydów (A), cholesterolu całkowitego (B), oraz cholesterolu HDL (C) i LDL (D) w osoczu krwi jałówek (♀) i buhajków (♂) w pierwszych 10 dniach życia
Fig. 1. Concentration of triglycerides (A), total cholesterol (B), HDL and LDL cholesterol in the blood plasma of heifer calves (♀) and bull calves (♂) in the first 10 days of life

Forte i in. [1981] podają, że w osoczu krwi płodów bydła stosunek koncentracji lipoprotein HDL do LDL wynosi 0,80, a u noworodków zwiększa się aż do 5,45 i jest zbliżony do wartości obserwowanych u osobników dorosłych – 4,97. Koncentracja lipoprotein HDL u nowo narodzonych cieląt zwiększa więc się w porównaniu z płodami 5-krotnie. W prezentowanych badaniach nie mierzono koncentracji lipoprotein HDL i LDL, lecz jedynie stężenie transportowanego przez nie cholesterolu. W pierwszym dniu życia jałówek stosunek cholesterolu HDL do LDL wynosił 0,49, w drugim – 0,93, a w dniach od czwartego do dziesiątego przekraczał 1. U buhajków stosunek cholesterolu HDL do LDL był w pierwszym dniu życia nieco wyższy – 0,75, w drugim wynosił 0,93, a w kolejnych dniach podobnie jak u jałówek przekraczał 1.

Krew od badanych cieląt pobrano po upływie minimum dwunastu godzin od narodzin, a więc już po pobraniu siary i rozpoczęciu wchłaniania jelitowego lipidów, stymulującego wytwarzanie VLDL i chylomikronów. Lipoproteiny te transportują przede wszystkim triacyloglicerole, nie można jednak pominąć ich udziału w transporcie całości osoczowego cholesterolu. Jak podają Forte i in. [1981], u noworodków cieląt (w przeciwieństwie do

plodów) stwierdza się już obecność VLDL, a cechą charakterystyczną tych noworodkowych VLDL jest wyższa niż u bydła dorosłego zawartość zestryfikowanego cholesterolu.

PODSUMOWANIE

Koncentracja triglicerydów w osoczu krwi cieląt karmionych najpierw siarą a potem mlekiem matki jest w pierwszych dniach życia postnatalnego nieco wyższa niż u bydła dorosłego i nie wykazuje zróżnicowania w zależności od płci noworodka. Największy wzrost stężenia triglicerydów w osoczu krwi cieląt utrzymywanych wraz z matkami występuje w pierwszych trzech dniach życia. Wahania osobnicze koncentracji TG są u cieląt obu płci dość znaczne i wynikają najprawdopodobniej ze zróżnicowanych u poszczególnych osobników pór pobierania siary i mleka.

W pierwszych dziesięciu dniach życia postnatalnego w osoczu krwi cieląt obu płci systematycznie wzrasta wraz z wiekiem zarówno koncentracja cholesterolu całkowitego, jak i obu jego frakcji HDL i LDL. Wzrost stężenia frakcji cholesterolu HDL w porównaniu z LDL jest jednak proporcjonalnie większy. Wraz z wiekiem cieląt stopniowo zmienia się procentowy udział lipoprotein HDL i LDL w transporcie całości cholesterolu znajdującego się w osoczu krwi. Począwszy od 4.–5. dnia życia postnatalnego ponad 50% cholesterolu całkowitego transportowane jest już przez lipoproteiny HDL.

PIŚMIENNICTWO

- Badzio T., Dominiczak M.H., Kabata J., 1996. Lipidy i lipoproteiny (w: *Biochemia kliniczna*). Red. S. Angielski, Z. Jakubowski, M.H. Dominiczak. Wydaw. Perseusz, Gdańsk.
- Bastida S., Perea S., Sánchez-Muniz F.J., 1998. Do neonates with high serum cholesterol levels have a different high density lipoprotein composition? *Eur. J. Pediatr.* 157, 66–70.
- Bauchart D., Durand D., Laplaud P.M., Forgez P., Goulinet S., Chapman J.M., 1989. Plasma lipoproteins and apolipoproteins in preruminant calf. *J. Lipid Res.* 30, 1499–1504.
- Bauchart D., 1993. Lipid absorption and transport in ruminants. *J. Dairy Sci.* 76, 3864–3881.
- Bell A.W., 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 3, 2804–2819.
- Beynen A.C., Van den Gils L.G.M., Van den Engelsman G., 1983. Cholesterol concentration and lipoprotein pattern in the serum of veal calves fed a milk replacers various level of cholesterol. *Nutr. Rep. Int.* 27, 587–592.
- Beynen A.C., Schonewille J.T., Terpstra A.H.M., 2000. Influence of amount and type dietary fat on plasma cholesterol concentrations in goats. *Small Rumin. Res.* 35, 141–147.
- Blum J.W., Hadorn U., Sallman H-P., Schuep W., 1997. Delaying colostrums intake by one day impairs plasma lipid, essential fatty acid, carotene, retinol and α -tocopherol status in neonatal calves. *J. Nutr. Sci.* 6, 2024–2029.
- Bremmer D.R., Trower S.L., Bertics S.J., Besong S.A., Bernabucci U., Grummer R.R., 2000. Etiology of fatty liver in dairy cattle: effects of nutritional and hormonal status on hepatic microsomal triglyceride transfer protein. *J. Dairy Sci.* 83, 2239–2251.

- Brucka-Jastrzębska E., Kawczuga D., Orowicz W., 2007. Profil lipidowy krwi bydła rasy simentaler w zależności od wieku zwierząt. *Med. Weter.* 63, 836–838.
- Chen Z., Herdt T.H., Liesman J.S., Ames A.K., Emery R.S., 1995. Reduction of bovine plasma cholesterol concentration by partial interruption of enterohepatic circulation of bile salts: a novel hypocholesterolemic model. *J. Lipid Res.* 36, 1544–1556.
- Chilliard Y., 1993. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs and rodents: a review. *J. Dairy Sci.* 76, 3897–3931.
- Forte T.M., Bell-Ouint J.J., Cheng F., 1981. Lipoproteins of fetal and newborn calves and adult steer: A study of developmental changes. *Lipids* 16, 240–245.
- Fujita H., Okada T., Inami I., Makimoto M., Hosono S., Minato M., Takahashi S., Mugishima H., Yamamoto T., 2008. Low-density lipoprotein profile changes during the neonatal period. *J. Perinatol.* 28, 335–340.
- Grummer R.R., 1993. Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 3882–3896.
- Haggarty P., 2004. Effect of placental function on fatty acid requirements during pregnancy. *Eur. J. Clin. Nutr.* 58, 1559–1570.
- Hammon H.M., Blum J.W., 1998. Metabolic and endocrine traits of neonatal calves are influenced by feeding colostrum for different durations or only milk replacer. *J. Nutr.* 128, 624–632.
- Hawkins D.E., Niswender K.D., Oss G.M., Moeller C.L., Odde K.G., Sawyer H.R., Niswender G.D., 1995. An increase in serum lipids increases luteal lipid content and alters the disappearance rate of progesterone in cows. *J. Anim. Sci.* 73, 541–545.
- Jankowiak D., Kruglak M., Dzieńska M., 2006. Zmiany koncentracji lipidów całkowitych i ich wybranych frakcji w osoczu krwi ciężarnych kóz. *Folia Univ. Agric. Stetin., Zootechnica* 250, 175–186.
- Lepaix-Charlat L., Bauchart D., Durand D., Laplaud P.M., Chapman M.J., 1995. Effects of diets containing tallow and soybean oil with and without cholesterol on hepatic metabolism of lipids and lipoproteins in the preruminant calf. *J. Dairy Sci.* 79, 1267–1277.
- Lepaix-Charlat L., Durand D., Bauchart D., 1996. Plasma lipoproteins in preruminant calves fed diets containing tallow and soybean oil with and without cholesterol. *J. Dairy Sci.* 79, 1826–1835.
- Orowicz W., Brzezińska M., 1996. Zawartość magnezu i wapnia we krwi oraz ich wpływ na poziom wybranych związków lipidowych u cieląt w okresie intensywnego wzrostu. *Biul. Magnezol. P.T. Mag.* 7, 44–47.
- Pekmezci D., Cakiroglu D., 2009. Investigation of immunomodulatory effects of levamisole and vitamin E on immunity and some blood parameters in newborn jersey calves. *Vet. Res. Commun.* 33, 711–721.
- Pysera B., Opałka A., 2000. The effect of gestation and lactation of dairy cows on lipid and lipoprotein patterns and composition in serum during winter and summer feeding. *J. Anim. Feed Sci.* 9, 411–424.
- Quincey D., Le Goff D., Fresnel J., Nouvelot A., 1987. Qualitative and quantitative alterations of bovine serum lipoproteins with ageing. *Comp. Biochem. Physiol.* 88, 929–933.
- Rauprich A.B., Hammon H.M., Blum J.W., 2000. Influence of feeding different amounts of first colostrum on metabolic, endocrine, and health status and on growth performance in neonatal calves. *J. Anim. Sci.* 78, 896–908.
- Reinchart G.A., Simmen F.A., Mahan D.C., White M.E., Roehring K.L., 1992. Intestinal development and fatty acid binding activity of newborn pigs fed colostrum or milk. *Biol. Neonate* 62, 155–163.

- Retskii M.I., Shakov A.G., Filatov N.V., Zolotarev A.I., Bliznetsova G.N., Masyanov Yu. N., Ermolova T.G., 2007. Role metabolic status in development of omphalitis in neonatal calves. *Russ. Agric. Sci.* 33, 271–273.
- Tami S., McMullin, Lowe E.R., Bartels M.J., Marty M.S., 2008. Dynamic Changes in Lipids and Proteins of Maternal, Fetal, and Pup Blood and Milk during Perinatal Development in CD and Wistar Rats. *Toxicol. Sci.* 105, 260–274.
- Thomson A.B.R., Ditschy J.M., 1981. Intestinal lipid absorption: major extracellular and intracellular events. *Physiol. Gastrointest. Tract* 2, 1147–1220.
- Van den Borne J.G.C., Lobley G.E., Verstegen M.W.A., Muijlaert J.M., Alferink S.J.J., Gerrits W.J.J., 2007. Body fat deposition does not originate from carbohydrates in milk-fed calves. *J. Nutr.* 137, 2234–2241.
- Widdowson E.M., 1984. Milk and the newborn animal. *Proc. Nutr. Soc.* 43, 87–100.
- Winnicka A., 2008. Wartości referencyjne podstawowych badań laboratoryjnych w weterynarii. Wydaw. SGGW, Warszawa.

THE CHANGES OF CONCENTRATION OF THE TRIGLICERYDIES, TOTAL CHOLESTEROL, HDL AND LDL CHOLESTEROL IN THE BLOOD PLASMA OF THE LIMOUSINE BREED CALVES IN THE FIRST TEN DAYS OF THE POSTNATAL LIFE

Abstract. For thirteen calves (seven heifers, six bulls) of the limosine breed in the first ten days of life changes in the concentration of the triglyceride, total cholesterol, cholesterols HDL and LDL in the blood plasma were analyzed. During this period calves were kept with heifers. The triglyceride concentration in the blood plasma of calves with unrestricted access to colostrums and later to regular milk was slightly higher in the first days of the postnatal life compared to mature animals and was independent of the sex. In the first three days of life the highest increase of the triglycerides concentration in the blood plasma was observed. Individual variations in the triglycerides concentration in both sexes of calves were quite significant resulting probably from the different food intake times. With the age of calves a systematic increase of triglycerides, total cholesterol, cholesterol HDL and LDL was observed. However, the rise of the HDL cholesterol was proportionally higher than the LDL cholesterol. With the age of calves a gradual change in percentage of the lipoprotein HDL and LDL in distribution of the total cholesterol present in the blood was detected. From the 4–5 day of the postnatal life more than 50% of the total cholesterol was distributed by HDL lipoproteins.

Key words: blood plasma, calves, HDL and LDL cholesterol, postnatal period, total cholesterol, triglycerides

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 2.11.2010